

USULAN KOMBINASI FAKTOR-FAKTOR YANG BERPENGARUH SECARA SIGNIFIKAN TERHADAP KUAT TEKAN BATA EKSPOSE DENGAN METODE PERANCANGAN EKSPERIMEN*

IMAM CAHYO, HARI ADIANTO, FIFI HERNI

Jurusan Teknik Industri
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: cahyoimam34@gmail.com

ABSTRAK

Kualitas bata ekspose saat ini berada pada kelas II (rata-rata kuat tekan = 267,025 kg/cm²) berarti produk belum mencapai kualitas optimal kelas I (kuat tekan \geq 360 kg/cm²). Balai Besar Keramik melakukan perancangan eksperimen menggunakan desain full factorial dan split split plot untuk meningkatkan kualitas produk bata ekspose menjadi kelas I. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa faktor A (komposisi bahan), faktor B (kehalusan bahan), faktor C (temperatur pembakaran), interaksi faktor AB, dan interaksi faktor AC berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tekan. Kombinasi faktor A level 2 (95% : 5%), faktor B level 2 (40 mesh ; 35 mesh), dan faktor C level 2 (1150^oc) meningkatkan kualitas kuat tekan bata ekspose menjadi kelas I (rata-rata kuat tekan = 372,111 kg/cm²).

Kata kunci: Perancangan Eksperimen, Full Factorial, Split Split Plot

ABSTRACT

The quality of exposed brick are currently in the second grade (average compressive strength = 267.025 kg/ cm²) means a product has not yet reached optimal quality class I (\geq compressive strength of 360 kg/ cm²). Center for Ceramic perform design of experiments using a full factorial design and split-split plot to improve the quality of the products exposed brick into class I. The results of the study showed that the factor A (composition), factor B (fineness of materials), factor C (temperature combustion), factor interactions AB, and AC interaction factors significantly affect the compressive strength. The combination of factor A level 2 (95% : 5%), factor B level 2 (40 mesh ; 35 mesh), and C level factor 2 (1150^oC) enhancing the quality of the compressive strength of exposed brick into class I (the average compressive strength = 372.111 kg/ cm²).

Keywords: Design of Experiments, Full Factorial, Split Plot Split

*Makalah ini merupakan ringkasan dari Tugas Akhir yang disusun oleh penulis pertama dengan pembimbingan penulis kedua dan ketiga. Makalah ini merupakan draft awal dan akan disempurnakan oleh para penulis untuk disajikan pada seminar nasional dan/atau jurnal nasional

1. PENDAHULUAN

1.1 PENGANTAR

Salah satu struktur pembentuk rumah atau bangunan adalah bata. Dari berbagai jenis bata yang ada, bata ekspose memiliki permintaan yang tinggi dikarenakan bata ekspose memiliki nilai tambah untuk rumah. Dari segi keindahan bata ekspose menghasilkan cita rasa tersendiri bagi pemilik rumahnya.

Bata yang diteliti pada penelitian ini adalah bata ekspose yang terbuat dari bahan baku tanah lempung dan pasir kali. Saat ini, kualitas kuat tekan bata ekspose yang dilakukan penelitian pada Balai Besar Keramik untuk memaksimalkan kualitas kuat tekan pada bata ekspose. Mutu bata ekspose standar SNI yang dihasilkan rata-rata berada di antara ($20\text{MPa} \leq \text{kuat tekan} < 40\text{MPa}$) dimana terbagi atas tiga kelas yaitu: kelas I ($\text{kuat tekan} \geq 360 \text{ kg/cm}^2$), kelas II ($260 \text{ kg/cm}^2 \geq \text{kuat tekan} \leq 360 \text{ kg/cm}^2$), dan kelas III ($160 \text{ kg/cm}^2 \geq \text{kuat tekan} \leq 260 \text{ kg/cm}^2$).

1.2 IDENTIFIKASI MASALAH

Variabel respon yang diteliti pada penelitian ini adalah kuat tekan bata ekspose. Dari hasil survei Balai Besar Keramik (BBK), kualitas produk saat ini berada di kelas II ($260 \text{ kg/cm}^2 \geq \text{kuat tekan} \leq 360 \text{ kg/cm}^2$) sedangkan kualitas terbaik bata beton pejal berdasarkan SNI adalah kelas I ($\text{kuat tekan} \geq 360 \text{ kg/cm}^2$). Oleh karena itu, BBK melakukan penelitian eksperimen menggunakan benda uji berukuran $5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$ untuk meningkatkan kualitas kuat tekan produk menjadi kelas I. Rata-rata kuat tekan benda uji bata beton pejal abu vulkanik Merapi sebelum eksperimen adalah $267,025 \text{ kg/cm}^2$ (Kelas II).

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode desain eksperimen *Full Factorial* dan desain *split-split plot*. Tujuan penelitian dengan menggunakan kedua metode tersebut adalah membantu BBK untuk mengidentifikasi faktor dan interaksi faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tekan serta memberikan usulan level faktor yang dapat menghasilkan produk dengan kualitas optimal (Kelas I).

2. STUDI LITERATUR

2.1 EKSPERIMEN *FULL FACTORIAL*

Eksperimen faktorial merupakan eksperimen yang mengkombinasikan atau menyilangkan semua faktor tertentu terhadap tiap level dari faktor lainnya yang ada dalam eksperimen tersebut (Sudjana, 1995). Pengaruh di dalam suatu eksperimen faktorial terdiri atas suatu faktor secara individu dan pengaruh interaksi antar faktor. Pengaruh suatu faktor didefinisikan sebagai perubahan tak bebas yang disebabkan oleh perubahan level pada faktor tersebut. Pengaruh faktor yang utama adalah perubahan pada variabel tak bebas sebagai akibat perubahan level faktor tersebut pada semua level faktor lainnya. Pengaruh interaksi faktor adalah pengaruh tambahan yang terjadi sebagai akibat dari kombinasi dua atau lebih variabel bebas.

2.2 DESAIN *SPLIT SPLIT PLOT*

Untuk mempermudah proses pencatatan data pada percobaan dengan tiga faktor dapat menggunakan desain rancangan petak-petak terbagi (*split split plot*). Pada desain rancangan *split split plot* faktor pertama dijadikan petak utama (*main plot / whole plot*), satu faktor kedua dijadikan anak petak (*sub plot*), dan faktor ketiga sebagai anak-anak petak (*sub-sub plot*) (Sudjana, 1995).

2.3 TAHAP-TAHAP DESAIN EKSPERIMEN FULL FACTORIAL DENGAN SPLIT SPLIT PLOT

Adapun tahapan pada desain eksperimen *full factorial* dengan desain *split split plot*, yaitu pengumpulan data dan pengolahan data. Pengumpulan data terdiri dari penentuan variabel respon, pembuatan *fishbone*, penentuan model matematik, dan perumusan hipotesis. Dimana komposisi bahan (faktor A), kehalusan bahan (faktor B), dan temperatur pembakaran (faktor C). Pengolahan data terdiri dari empat tahapan. Tahap pertama pada pengolahan data adalah uji ANOVA. Uji ANOVA terdiri dari perhitungan jumlah kuadrat (JK), rata-rata jumlah kuadrat (RJK), derajat kebebasan (dk), dan sigma data (T). Setelah memperoleh nilai dk dan RJK, proses selanjutnya adalah uji hipotesis dengan membandingkan nilai F_{test} dan F_{tabel} . Jika nilai $F_{test} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak dan sebaliknya. Rumus yang digunakan untuk uji ANOVA dan uji hipotesis dapat dilihat pada persamaan (1) sampai dengan (13).

$$JK_{total} = \sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^A \sum_{k=1}^B \sum_{l=1}^C T^2_{ijkl} - \frac{T^2}{RABC} \quad (1)$$

$$JK_A = \frac{\sum_{i=1}^A T_i^2}{RBC} - \frac{T^2}{RABC} \quad (2)$$

$$JK_B = \frac{\sum_{k=1}^B T_k^2}{RAC} - \frac{T^2}{RABC} \quad (3)$$

$$JK_{AB} = \frac{\sum_{j=1}^A \sum_{k=1}^B T_{jk}^2}{RC} - \frac{T^2}{RABC} - JK_A - JK_B \quad (4)$$

$$JK_C = \frac{\sum_{l=1}^C T_l^2}{RAB} - \frac{T^2}{RABC} \quad (5)$$

$$JK_{AC} = \frac{\sum_{j=1}^A \sum_{l=1}^C T_{jl}^2}{RBC} - \frac{T^2}{RABC} - JK_A - JK_C \quad (6)$$

$$JK_{BC} = \frac{\sum_{k=1}^B \sum_{l=1}^C T_{kl}^2}{RAB} - \frac{T^2}{RABC} - JK_B - JK_C \quad (7)$$

$$JK_{ABC} = \frac{\sum_{j=1}^A \sum_{k=1}^B \sum_{l=1}^C T_{jkl}^2}{R} - \frac{T^2}{RABC} - JK_A - JK_B - JK_C - JK_{AB} - JK_{AC} - JK_{BC} \quad (8)$$

$$dk = (\text{level} - 1) \quad (8)$$

$$RJK = \frac{JK}{dk} \quad (9)$$

$$F_{hitung} = \frac{RJK_{Faktor \text{ atau interaksi faktor}}}{RJK_{interaksi replikasi dengan faktor \text{ atau interaksi faktor}}} \quad (10)$$

$$F_{tabel} = F_{v_1, v_2} \quad (11)$$

$$v_1 = dk_{faktor \text{ atau interaksi faktor}} \quad (12)$$

$$v_2 = dk_{interaksi replikasi dengan faktor \text{ atau interaksi faktor}} \quad (13)$$

Tahap kedua pada proses pengolahan data adalah uji *Scheffe*. Proses perhitungan uji *Scheffe* terdiri dari 5 tahapan, yaitu Susun kontras Cp yang diinginkan lalu hitung harganya, Dengan mengambil taraf signifikan α , derajat kebebasan pembilang $v_1 = (k - 1)$ dan penyebut $v_2 = (\sum n_i - k)$, untuk ANOVA supaya dihitung nilai keritis $F \alpha(v_1, v_2)$, Hitung besar $A = \sqrt{(k - 1)F}$ dengan F yang didapat dari langkah 2) di atas, Hitung kekeliruan baku tiap kontras yang akan diuji, dengan rumus $S(Cp) = \sqrt{KT (\text{kekeliruan}) \times \sum n_i c_{ip}^2}$, dan Jika harga Cp lebih besar dari pada $A \times s(Cp)$, maka hasil pengujian dinyatakan signifikan. Atau, jika $|Cp| > A \times s(Cp)$ maka kita tolak hipotesis nol bahwa kontras antara rata-rata sama dengan nol (Sudjana, 1995).

Tahap ketiga pada pengolahan data adalah penentuan level faktor optimal. Penentuan level faktor optimal dilakukan dengan cara membandingkan rata-rata nilai kuat tekan yang dihasilkan dari setiap level faktor ataupun level dari setiap interaksi faktor. Hasil rata-rata kemudian di plot ke dalam grafik. Tahap keempat pada pengolahan data adalah eksperimen

konfirmasi. Eksperimen konfirmasi dilakukan dengan membandingkan nilai rata-rata kuat tekan sebelum dilakukan eksperimen dengan nilai rata-rata kuat tekan yang dihasilkan oleh benda uji yang dibuat berdasarkan level faktor optimal hasil penelitian eksperimen.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian adalah langkah-langkah yang dilakukan dalam proses penelitian untuk mencapai tujuan dari penelitian.

3.1 METODE PENYELESAIAN MASALAH

Pengendalian kualitas adalah suatu aktivitas membandingkan ciri-ciri kualitas produk dengan persyaratan serta mengambil tindakan apabila terdapat perbedaan. Metodologi rekayasa kualitas dibedakan menjadi 2 bagian, yaitu rekayasa kualitas secara *on-line* dan rekayasa kualitas secara *off-line* (Soejanto, 2009).

3.2 PENGUMPULAN DATA DAN PENOLAHAN DATA

Pengumpulan data penjelasan singkat profil Balai Besar Keramik tempat dilakukan penelitian dan terdiri dari objek dan proses pembuatan bata ekspose, proses pengujian kuat tekan, dan faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan.

3.3 PEMBUATAN DIAGRAM *FISHBONE*

Pembuatan diagram *fishbone* dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi sifat kuat tekan pada bata ekspose.

3.4 PENENTUAN VARIABEL RESPON DAN LEVEL FAKTOR

Variabel respon adalah variabel yang perubahannya tergantung pada variabel-variabel lain (Soejanto, 2009). Variabel respon sangat dipengaruhi oleh variabel bebas yang terdiri dari komposisi bahan baku, kehalusan bahan baku, dan temperature pembakaran.

3.5 PELAKSANAAN EKSPERIMEN

Pelaksanaan penelitian eksperimen dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari variabel bebas (komposisi bahan baku, kehalusan bahan baku, dan temperature pembakaran) terhadap variabel respon (karakteristik kualitas kuat tekan bata ekspose).

3.6 UJI ANOVA

Uji ANOVA merupakan suatu pengujian yang dilakukan untuk mengetahui faktor dan interaksi faktor yang berpengaruh dan tidak berpengaruh terhadap variabel respon penelitian. Langkah pembuatan ANOVA pada penelitian perancangan eksperimen *full factorial*, yaitu (Sudjana, 1995) : yang dapat dilihat pada persamaan (1-13).

3.7 UJI *SCHEFFE*

Uji *Scheffe* digunakan untuk mengetahui interval perbedaan level pada faktor ataupun kombinasi level pada interaksi faktor berpengaruh terhadap nilai kuat tekan yang dihasilkan. Langkah-langkah uji *Scheffe* adalah sebagai berikut (Sudjana, 1995).

3.8 EKSPERIMEN KONFIRMASI

Eksperimen konfirmasi dilakukan untuk menentukan nilai level faktor ataupun kombinasi level faktor yang mampu menghasilkan nilai rata-rata kuat tekan optimal.

3.9 ANALISIS

Tahap analisis terdiri dari analisis tentang objek penelitian, analisis identifikasi variabel respon, analisis penentuan faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan, analisis

penentuan level faktor, dan analisis hasil eksperimen. Analisis hasil eksperimen terdiri dari analisis uji ANOVA, analisis uji *Scheffe*, dan analisis eksperimen konfirmasi.

4. PENGUMPULAN DATA DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 PENGUMPULAN DATA

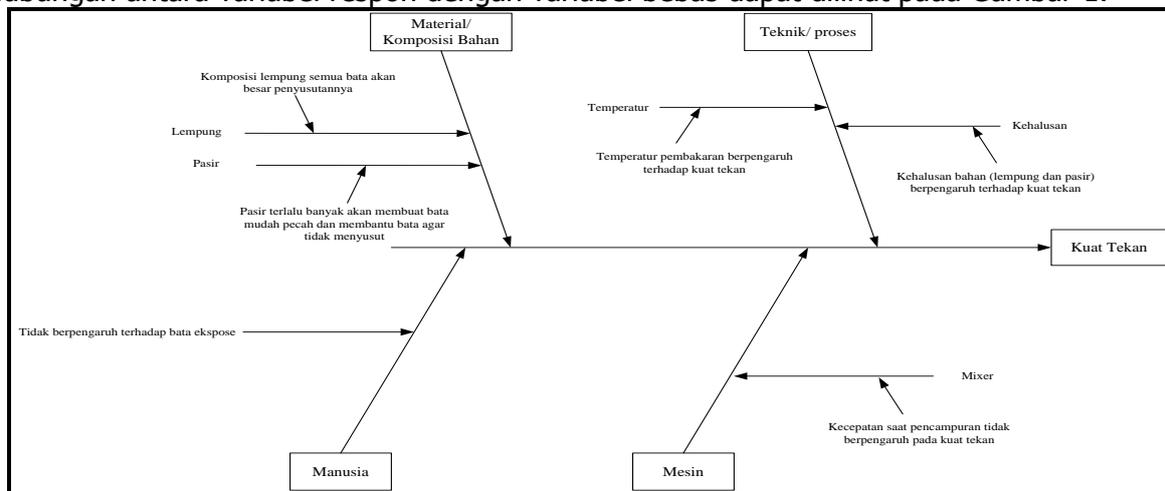
Pengumpulan data terdiri dari penentuan variabel respon, pembuatan *fishbone*, penentuan level faktor, pelaksanaan eksperimen, penentuan model matematika, penentuan perumusan hipotesis.

4.1.1 Penentuan Variabel Respon

Variabel respon pada penelitian ini adalah kuat tekan. Kuat tekan bata ekspose dipilih menjadi variabel respon karena fungsi bata ekspose sebagai pembentuk dinding bangunan yang harus memiliki kekuatan yang baik.

4.1.2 Pembuatan Diagram *Fishbone*

Hubungan antara variabel respon dengan variabel bebas dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram *Fishbone* Kuat Tekan Bata Ekspose

Hasil kesimpulan dari diagram *fishbone* dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1 Kesimpulan Dari Diagram *Fishbone*

Faktor	Uraian	Kesimpulan
Mesin	mixer tidak terlalu berpengaruh dikarenakan mesin mixer untuk mempermudah manusia	Kesimpulan penentuan faktor yang dilakukan secara brainstorming bersama Balai Besar Keramik yaitu komposisi bahan , kehalusan bahan, dan temperatur pembakaran
Teknik/ Proses	temperatur rendah bata ekspose tidak matang, temperatur terlalu tinggi akan membuat mudah pecah atau retak, dan mempengaruhi kuat tekan	
	kehalusan bahan (lempung dan pasir) terlalu kasar akan menimbulkan banyak porositas besar , kalo halus akan mengakibatkan penyusutan, dan mempengaruhi kuat tekan bata ekspose	
Material/ Komposisi	bata yang komposisi lempung semua akan mengakibatkan bata menyusut dan mempengaruhi kuat tekan bata ekspose	
	bata yang komposisinya pasir yang berlebihan bata akan mudah pecah dan mempengaruhi kuat tekan dan pasir membantu tidak mudah menyusut	
Manusia	untuk manusia tidak berpengaruh terhadap kuat tekan hanya memastikan proses pembuatan sesuai dengan standar	

4.1.3 Penentuan Level Faktor

Faktor dan level faktor yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Faktor dan Level Faktor

No	Kode	Faktor	Keterangan	Level Faktor		
				1	2	3
1	A	Komposisi Bahan	Lempung : Pasir (%)	100 : 0	95 : 5	90 : 10
2	B	Kehalusan Bahan	Lempung & Pasir (Mesh)	100 & 35	140 & 35	200 & 35
3	C	Temperatur Pembakaran	⁰ C	1100	1150	1200

4.1.4 Penentuan Model Matematik

Model matematika yang digunakan pada penelitian ini, yaitu:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_j + B_k + AB_{jk} + C_l + AC_{jl} + BC_{kl} + ABC_{jkl} + \varepsilon_{ijkl} \quad (14)$$

Dimana:

Y_{ijkl} = kuat tekan bata ekspose (kg/cm²) pada replikasi ke i untuk faktor A di level ke-j, faktor B di level ke-k, dan faktor C di level ke-l.

μ = rata-rata umum variabel respon yang dihasilkan

A_j = efek faktor komposisi bahan di level faktor ke-j.

B_k = efek faktor kehalusan bahan di level faktor ke-k.

AB_{jk} = efek interaksi yang terjadi antara faktor komposisi bahan pada level faktor ke-j dengan faktor kehalusan bahan di level faktor ke-k.

C_l = efek faktor temperatur pembakaran di level faktor ke-l.

AC_{jl} = efek interaksi yang terjadi antara faktor komposisi bahan di level faktor ke-j dan faktor temperatur pembakaran di level faktor ke-l.

BC_{kl} = efek interaksi yang terjadi antara faktor kehalusan bahan pada level faktor ke-k dan faktor temperatur pembakaran di level faktor ke-l.

ABC_{jkl} = efek interaksi yang terjadi antara faktor komposisi bahan di level faktor ke-j dengan faktor kehalusan bahan di level faktor ke-k dan faktor temperatur pembakaran di level faktor ke-l.

ε_{ijkl} = kekeliruan unit ke i dalam sel j,k, dan l.

i = 1, 2, 3

j = 1, 2, 3

k = 1, 2, 3

l = 1, 2, 3

4.1.5 Pelaksanaan Eksperimen

Eksperimen dilakukan menggunakan 81 benda uji dengan ukuran 5x5 cm. Data kuat tekan yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Data Hasil Eksperimen Kuat Tekan

Rekapitulasi (r)	Komposisi Bahan (A)	Kehalusan Bahan (B)	Temperatur (C)		
			1100 ⁰ c	1150 ⁰ c	1200 ⁰ c
1	100 : 0 (%)	100 mesh & 35 mesh	159	202	180
			161	217	169
			145	213	165
		140 mesh & 35 mesh	166	205	189
			163	219	172
			159	221	164
		200 mesh & 35 mesh	159	175	169
			160	189	173
			156	161	153
2	95 : 5 (%)	100 mesh & 35 mesh	341	343	339
			358	361	318
			330	350	323
		140 mesh & 35 mesh	386	390	379
			377	383	360
			352	379	353
		200 mesh & 35 mesh	279	285	255
			251	271	260
			245	269	249
3	90 : 10 (%)	100 mesh & 35 mesh	320	326	305
			309	339	309
			301	340	301
		140 mesh & 35 mesh	355	369	350
			331	381	344
			329	355	361
		200 mesh & 35 mesh	233	246	208
			217	251	201
			224	262	212

4.1.6 Penentuan Perumusan Hipotesis

Hipotesis penelitian terdiri dari dua, yaitu H_0 dan H_1 . Hipotesis H_0 menyatakan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan yang terjadi karena efek faktor / interaksi faktor terhadap kuat tekan sedangkan hipotesis H_1 menyatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan yang terjadi karena efek faktor / interaksi faktor terhadap kuat tekan.

4.2 PENGOLAHAN DATA

Pengolahan data terdiri dari uji ANOVA, uji *Scheffe*, penentuan level faktor optimal, dan eksperimen konfirmasi.

4.2.1 Uji ANOVA

Uji ANOVA dilakukan untuk menentukan faktor dan interaksi faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon (kuat tekan bata ekspose). Proses penentuan faktor dan interaksi faktor yang berpengaruh secara signifikan dilakukan dengan cara menghitung nilai jumlah kuadrat (JK), derajat kebebasan (dk), dan rata-rata jumlah kuadrat (RJK). Setelah memperoleh nilai derajat kebebasan dan rata-rata jumlah kuadrat, proses selanjutnya adalah melakukan uji hipotesis. Uji hipotesis dilakukan dengan membandingkan nilai F_{test} dengan F_{tabel} . Jika $F_{test} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak dan sebaliknya. Rekapitulasi hasil perhitungan jumlah kuadrat, derajat kebebasan, rata-rata jumlah kuadrat dan uji hipotesis dengan menggunakan persamaan (1) sampai dengan (13) dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Rekapitulasi Uji Hipotesis

Faktor dan Inteaksi	dk	dk _{total}	F_{test}	F_{tabel}	Perbandingan (F_{test} dan F_{tabel})	Kesimpulan
a	2	80	1156,411	3,111	$F_{test} > F_{tabel}$	Tolak H_0
b	2		344,236	3,111	$F_{test} > F_{tabel}$	Tolak H_0
ab	4		53,873	2,486	$F_{test} > F_{tabel}$	Tolak H_0
c	2		45,595	3,111	$F_{test} > F_{tabel}$	Tolak H_0
ac	4		3,597	2,486	$F_{test} > F_{tabel}$	Tolak H_0
bc	4		0,784	2,486	$F_{test} < F_{tabel}$	Terima H_0
abc	8		1,835	2,056	$F_{test} < F_{tabel}$	Terima H_0

4.2.2 Uji Scheffe

Proses uji *Scheffe* hanya dilakukan pada faktor atau interaksi dengan hasil uji hipotesis H_0 ditolak. Proses uji *Scheffe* dapat dilihat pada studi literatur. Uji *Scheffe* untuk faktor A, faktor B, faktor C, interaksi faktor A dan B, serta interaksi faktor a dan C menghasilkan kesimpulan bahwa dari 81 variasi kombinasi perlakuan terdapat 6 variasi kombinasi perlakuan yang tidak menghasilkan perbedaan secara signifikan terhadap nilai kuat tekan yang dihasilkan dan 75 variasi perlakuan yang menghasilkan perbedaan secara signifikan terhadap nilai kuat tekan yang dihasilkan.

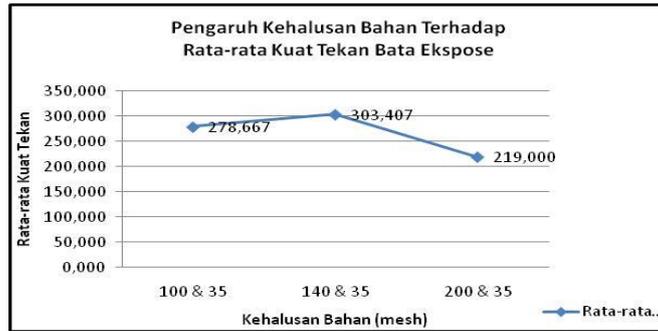
4.2.3 Penentuan Level Faktor Optimal

Adapun grafik perbandingan rata-rata kuat tekan pada setiap level faktor dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.



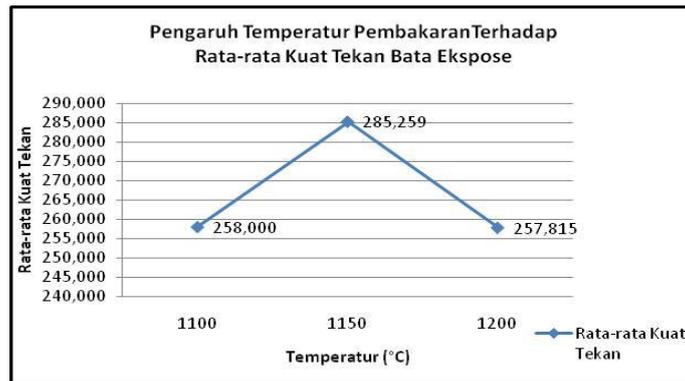
Gambar 2 Pengaruh Komposisi Bahan Terhadap Rata-Rata Kuat Tekan

Gambar 2 hasil perhitungan rata-rata kuat tekan untuk faktor komposisi bahan dengan nilai kuat tekan 325,407 kg/ cm² berada di level faktor 2 (95% lempung : 5% pasir).



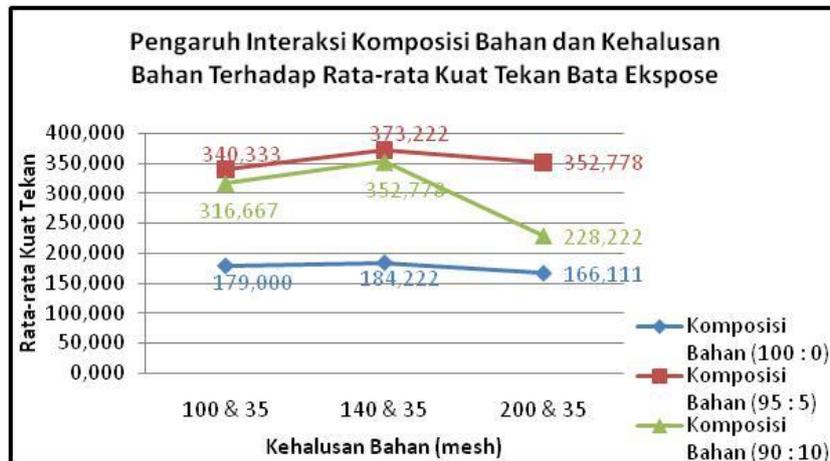
Gambar 3 Pengaruh Kehalusan Bahan Terhadap Rata-Rata Kuat Tekan

Gambar 3 hasil perhitungan rata-rata kuat tekan untuk faktor kehalusan bahan dengan nilai kuat tekan 303,407 kg/ cm² berada di level faktor 2 (lempung 140 mesh ; pasir 35 mesh).



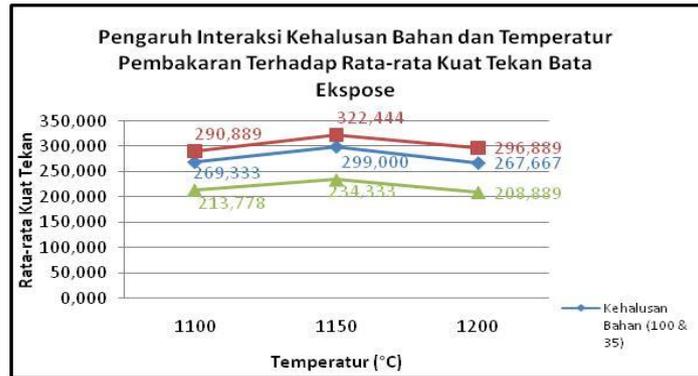
Gambar 4 Pengaruh Temperatur Pembakaran Terhadap Rata-Rata Kuat Tekan

Gambar 4 hasil perhitungan rata-rata kuat tekan untuk faktor temperature pembakaran dengan nilai kuat tekan 285,259 kg/ cm² berada di level faktor 2 (suhu pembakaran 1150⁰C).



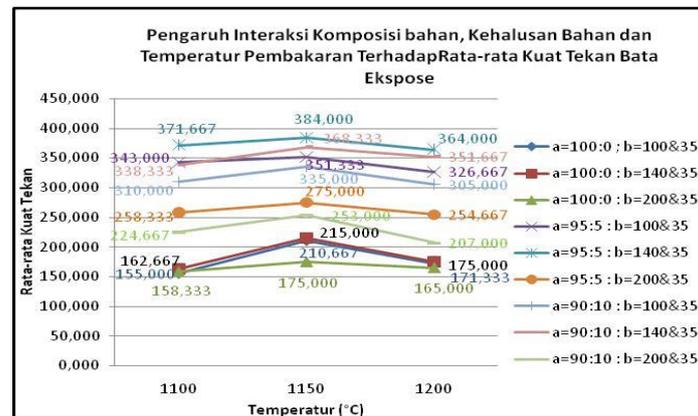
Gambar 5 Pengaruh Komposisi Bahan dan Kehalusan Bahan Terhadap Rata-Rata Kuat Tekan

Gambar 5 hasil perhitungan rata-rata kuat tekan untuk interaksi faktor komposisi bahan dan faktor kehalusan bahan dengan nilai kuat tekan 373,222 kg/ cm² berada di faktor komposisi bahan pada level faktor 2 (95% lempung : 5% pasir) dan faktor kehalusan bahan pada level faktor 2 (lempung 140 mesh ; pasir 35 mesh).



Gambar 6 Pengaruh Kehalusan Bahan dan Temperatur Pembakaran Terhadap Rata-Rata Kuat Tekan

Gambar 6 hasil perhitungan rata-rata kuat tekan untuk interaksi faktor komposisi bahan dan faktor kehalusan bahan dengan nilai kuat tekan 322,444 kg/ cm² berada di faktor kehalusan bahan pada level faktor 2 (lempung 140 mesh ; pasir 35 mesh) dan faktor temperature pembakaran pada level faktor 2 (suhu pembakaran 1150⁰C).



Gambar 7 Pengaruh Komposisi bahan, Kehalusan Bahan, dan Temperatur Pembakaran Terhadap Rata-Rata Kuat Tekan

Dari grafik pada Gambar 2, Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7, level faktor optimal untuk masing-masing faktor adalah faktor A (komposisi bahan) Level 2 (95% : 5%), faktor B (kehalusan bahan) level 2 (140 mesh ; 35 mesh), dan faktor C (temperatur pembakaran) level 2 (1150⁰C).

4.2.4 Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi dilakukan dengan menggunakan 9 benda uji yang dibuat berdasarkan usulan level faktor optimal. Rata-rata kuat tekan bata ekspose pada eksperimen konfirmasi, yaitu 372,111 kg/cm².

5. ANALISIS

5.1 ANALISIS OBJEK PENELITIAN

Produk yang dijadikan objek penelitian adalah bata ekspose. Objek penelitian ini dipilih karena meningkatnya permintaan akan batu bata ekspose ini, tidak hanya dilihat dari fungsinya sebagai salah satu bahan pembentuk bangunan. Bata ekspose memiliki nilai tambah tersendiri karena bata ekspose memberikan nilai keindahan bagi bangunannya. Meningkatnya permintaan akan bata ekspose, selain memberikan keindahan bata ekspose harus memiliki kualitas kuat tekan yang baik. Maka dilakukan pengujian kuat tekan pada bata ekspose.

5.2 ANALISIS VARIABEL RESPON

Penelitian ini difokuskan pada uji kuat tekan sebagai variabel respon. Bata ekspose harus memiliki sifat kuat tekan karena akan mempengaruhi kekuatan dinding sebagai penopang bangunan. kuat tekan bata ekspose untuk saat ini masih bervariasi dan belum mencapai nilai optimal SNI.

5.3 ANALISIS PENENTUAN FAKTOR-FAKTOR YANG BERPENGARUH TERHADAP VARIABEL RESPON

Faktor yang diduga berpengaruh terhadap kuat tekan adalah faktor material dan proses. Faktor terdiri dari tiga, yaitu komposisi bahan (faktor A), kehalusan bahan (faktor B), dan temperatur pembakaran (faktor C). Komposisi bahan adalah perbandingan jumlah tanah lempung dan pasir. kehalusan bahan adalah kehalusan dari masing-masing bahan (tanah lempung dan pasir) yang mempengaruhi kuat tekan dan kehalusan bata ekspose. Temperatur pembakaran adalah suhu yang ditentukan untuk membakar bata ekspose agar menghasilkan bata yang memiliki nilai kuat tekan yang tinggi.

5.4 ANALISIS PENENTUAN LEVEL FAKTOR

Penentuan level faktor didasarkan pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Level untuk masing-masing faktor dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Level Faktor

Faktor	Level	Keterangan
Komposisi bahan	100%: 0%	100% tanah lempung berbanding 0% pasir
	95% : 5%	95% tanah lempung berbanding 5% pasir
	90% : 10%	90% tanah lempung berbanding 10% pasir
Kehalusan bahan	100 mesh ; 35 mesh	100 mesh tanah lempung dan 35 mesh pasir
	140 mesh ; 35 mesh	140 mesh tanah lempung dan 35 mesh pasir
	200 mesh ; 35 mesh	200 mesh tanah lempung dan 35 mesh pasir
Temperatur pembakaran	1100 ⁰ C	Suhu saat pembakaran bata ekspose
	1150 ⁰ C	
	1200 ⁰ C	

5.5 ANALISIS HASIL EKSPERIMEN

Ekspirimen yang dilakukan menghasilkan 81 data eksperimen uji kuat tekan. Jumlah data yang dihasilkan sebanyak 81 data karena desain eksperimen yang digunakan adalah desain eksperimen *full factorial* dengan 3 kali replikasi. Desain eksperimen *full factorial* dipilih karena pada penelitian ini terdapat 3 faktor dengan masing-masing faktor terdiri dari 3 level. Replikasi eksperimen dilakukan agar menambah ketelitian hasil eksperimen, menghasilkan taksiran kekeliruan eksperimen yang lebih akurat, dan memungkinkan untuk memperoleh taksiran hasil penelitian yang lebih baik mengenai efek rata-rata sesuatu faktor. Pembatasan jumlah replikasi penelitian sebanyak 3 kali replikasi dilakukan karena biaya eksperimen yang terbatas. Selain itu, semakin banyak replikasi maka waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan eksperimen akan semakin lama sehingga biaya pelaksanaan eksperimen (biaya tenaga kerja dan biaya produksi benda uji) akan semakin besar.

5.5.1 Analisis Uji Anova

Berdasarkan Tabel 3, faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tekan bata beton adalah faktor komposisi bahan, faktor kehalusan bahan, faktor temperatur pembakaran, interaksi faktor komposisi bahan dan kehalusan bahan, dan interaksi faktor komposisi bahan dan temperatur pembakaran.

5.5.2 Analisis Uji *Scheffe*

Hasil uji *Scheffe* untuk faktor A, faktor B adalah 6 variasi level faktor menimbulkan perbedaan nilai kuat tekan yang dihasilkan sedangkan untuk faktor C, interaksi faktor AB, dan interaksi faktor AC dari 75 variasi kombinasi perlakuan menghasilkan 69 variasi level faktor/kombinasi level pada interaksi faktor yang menimbulkan perbedaan nilai kuat tekan dan 6 variasi level faktor/kombinasi level pada interaksi faktor yang tidak menghasilkan perbedaan secara signifikan terhadap nilai kuat tekan yang dihasilkan.

5.5.3 Analisis Level Faktor Optimal

Karakteristik kualitas bata ekspose adalah *larger the better* sehingga level faktor optimal adalah level dan kombinasi level dengan nilai kuat tekan terbesar. Level faktor optimal untuk masing-masing faktor, yaitu faktor A (komposisi bahan) level 2 (95% tanah lempung : 5% pasir), faktor B (kehalusan bahan) level 2 (140 mesh Lempung ; 35 mesh pasir), dan faktor C (temperatur pembakaran) level 2 (temperatur pembakaran 1150⁰C).

5.5.4 Analisis Eksperimen Konfirmasi

Penggunaan komposisi bahan 95%:5%, kehalusan 140 mesh; 35 mesh, dan temperatur pembakaran 1150⁰C meningkatkan kuat tekan bata ekspose dari 267,025 kg/cm² menjadi 372,111 kg/cm². Dari hasil eksperimen konfirmasi ini, maka dapat disimpulkan bahwa level faktor optimal pada masing-masing dapat digunakan sebagai acuan pada proses pembuatan bata ekspose.

6. KESIMPULAN

Faktor komposisi bahan, faktor kehalusan bahan, faktor temperatur pembakaran, interaksi antara faktor komposisi bahan dengan faktor kehalusan bahan, dan interaksi antara faktor komposisi bahan dengan faktor temperatur pembakaran merupakan faktor dan interaksi faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tekan bata ekspose. Kombinasi faktor komposisi pada level 2 (95% ; 5%), kehalusan bahan pada level 2 (140 mesh ; 35 mesh), dan temperatur pembakaran pada level 2 (1150⁰C) meningkatkan mutu kuat tekan bata ekspose dari kelas II dengan rata-rata kuat tekan yang dihasilkan 267,025 kg/cm² menjadi bata beton mutu kelas I dengan rata-rata kuat tekan yang dihasilkan sebesar 372,111 kg/cm².

REFERENSI

Balai Besar Keramik, [*Online*]. *Available* : <http://www.bbk.go.id/> [2013, 30, Oktober]

Sudjana, M.A., 1995, *Desain dan Analisis Eksperimen*, Edisi IV, Tarsito, Bandung.